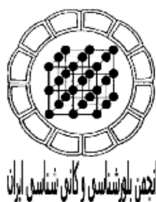
مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

سال بیست و چهارم، شمارهٔ اول، بهار ۹۵، از صفحهٔ ۱۵۷ تا ۱۶۶



بررسی کانی‌شناسی، ویژگی‌های گرمایی و خاستگاه کانی‌های رسی پلایای شهربابک

فاطمه ریاحی*، عباس مرادیان، حمید احمدی پور

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

(دریافت مقاله: ۹۴/۲/۲۷، نسخه نهایی: ۹۴/۴/۲)

چکیده: ساحلی رسی شهربابک از نظر زمین‌شناسی، در جنوب شرق منطقه‌ی سنندج- سیرجان قرار گرفته است. بر اساس بررسی‌های کانی‌شناسی و میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM) فازهای کانی‌شناسی اصلی سواحل یاد شده عبارتند از هالوزیت، کائولینیت، ایلیت، کوارتز، کلسیت و ژیپس. براساس داده‌های زمین‌شیمیایی، میزان متوسط اکسید آلومینیوم ۱۳٫۹۳ درصد، میزان متوسط اکسید سیلیسیم ۳۹٫۵۳درصد و میزان میانگین L.O.I ۱۸٫۸۴درصد است. بر پایه‌ی تجزیه‌ی گرمایی جدایشی، واکنش‌های گرماگیر نمونه‌ها در دمای تقریبی ۸۱۰-۷۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و واکنش‌های گرمازا در دمای تقریبی ۱۱۴۰-۱۱۲۰درجه‌ی سانتی‌گراد رخ می‌دهد. خاستگاه اصلی کانی‌های رسی منطقه‌ی مورد بررسی، رسوبی بوده و از فرسایش و هوازدگی توده‌ی عظیم گرانیتوئیدی جنوب شهرستان شهربابک ایجاد شده‌اند. کاربردهای فراوان کانی‌های رسی در صنایع مختلف، از ضرورت‌های این پژوهش است.

واژه‌های کلیدی: *کانی‌های رسی؛ کانی‌شناسی؛ ویژگی گرمایی؛ سواحل رسی؛ شهربابک.*

مقدمه

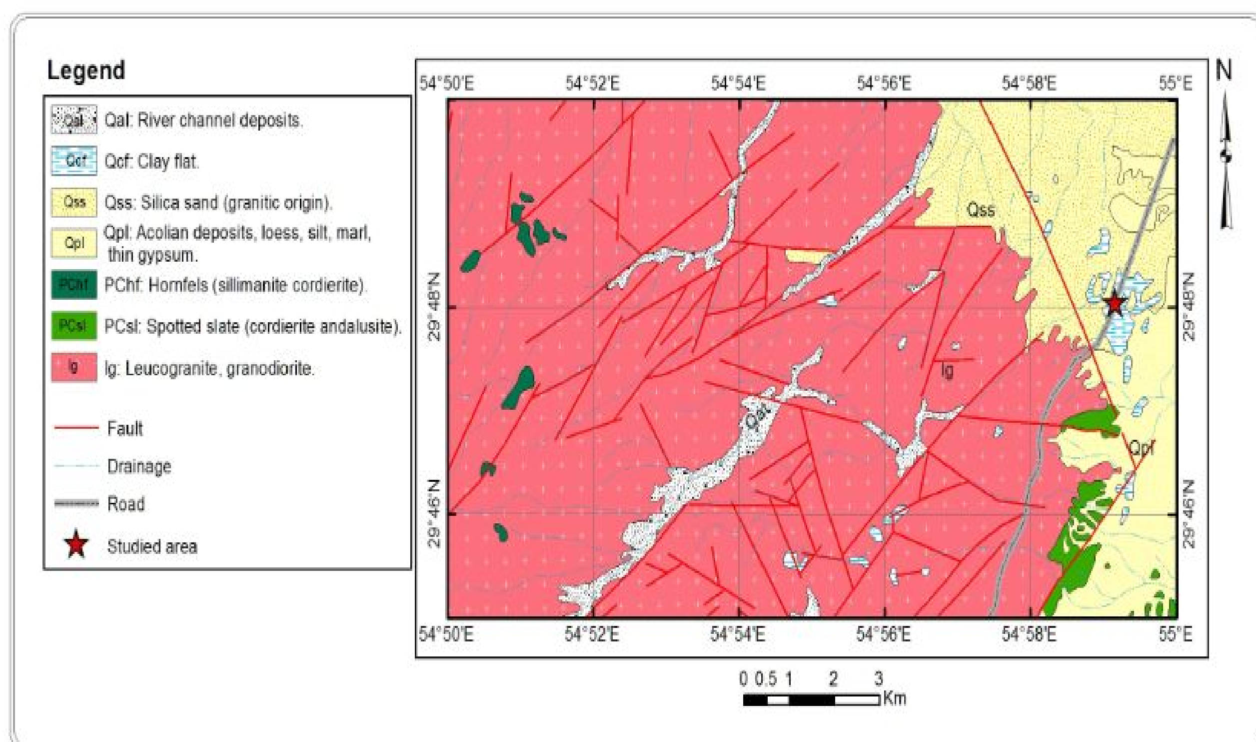
کانی‌های رسی وابسته به گروه فیلوسیلیکات‌ها [۱] و از مهم‌ترین کانی‌های مصرفی در صنایع مختلف‌اند. هدف از این پژوهش شناسایی کانی‌های مختلف ساحلی رسی شهربابک، دستیابی به ویژگی‌های گرمایی کانی‌های رسی منطقه‌ی مورد بررسی و بررسی خاستگاه این گروه کانی‌هاست. از نظر زمین ریخت‌شناسی، ناهمواری‌های شهرستان شهربابک را می‌توان به دو بخش کوهستانی و دشت تقسیم کرد [۲] ساحل رسی شهربابک، در جنوب شهرستان، در دشتی با وسعت تقریبی ده الی پانزده هزار کیلومتر مربع قرار گرفته است و منطقه‌ی مورد بررسی در بخش شرقی نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کرسفید [۳]، در منطقه‌ی ساختاری سنندج- سیرجان [۴] و بین طول‌های جغرافیایی″۳۲ ´۵۸ °۵۴ تا°۵۵ و عرض‌های جغرافیایی″۳۴ ´۴۵ °۲۹ تا″۲۸ ´۴۸ °۲۹ قرار گرفته است (شکل۱). چنانکه در نقشه‌ی زمین‌شناسی (۱) دیده می شود منطقه‌ی مورد بررسی دارای چندین ساحل رسی است و مساحت بزرگترین آن‌ها به کمتر از یک کیلومتر مربع (۰٫۲ کیلومترمربع) می‌رسد. این منطقه، در بخش شمال شرقی گسل چشمه انجیر شامل سرزمین‌های هموار شده‌ای است که به شدت فرسایش یافته و ناهمواری‌های فلدسپاتی به‌شکل تپه های کوچک در آن پراکنده اند.

روش بررسی

برای بررسی کانی‌های منطقه‌ی مورد بررسی، از عمق‌های مختلف (۱۵۰-۵۰ سانتی‌متری) پلایای رسی نمونه برداری صورت گرفت و، سپس برای تعیین کانی‌شناسی، تعداد ۱۰ نمونه از آن، برای بررسی ریخت شناسی، ساختاری و تهیه‌ی تصاویر توپوگرافیک کانی‌های منطقه، ۲ نمونه برای بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی (مدل LEO 1400 ساخت شرکتLEO انگلستان) و تعداد ۸ نمونه برای تعیین میزان اکسیدهای اصلی (جدول ۱) به مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران فرستاده شدند.

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۳۹۹۱۹۴۸۰، نمابر۰۳۴۳۱۳۲۲۲۲۲، پست الکترونیکی: f.riahi91@sci.uk.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.1.13.5]



شکل ۱ نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد بررسی اقتباس از [۳] (با اندکی تغییرات).

جدول۱ نتایج آنالیز XRF نمونه های منطقه‌ی مورد بررسی.

ترکیب	Gk-1	Gk-4	Gk-5	Gk-6	Gk-7	Gk-11	Gk-12	Gk-21	میانگین
SiO_2	۴۳٫۵۸	۳۹٫۴	۳۸٫۸۴	۳۶٫۰۹	۳۹٫۰۹	۴۰٫۳۶	۴۱٫۶۳	۳۷٫۲۹	۳۹٫۵۳
Al_2O_3	۱۵٫۷۵	۱۳٫۹۶	۱۳٫۷۹	۱۲٫۴۹	۱۳٫۷۶	۱۴٫۵۳	۱۴٫۵۵	۱۲٫۶۲	۱۳٫۹۳
Fe_2O_3	۶٫۲۶	۵٫۳۸	۵٫۵۵	۵٫۲۵	۵٫۴۲	۵٫۴۱	۵٫۹	۴٫۴۹	۵٫۴۵
TiO_2	۰٫۹۲	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۸۲	۰٫۵۴	۰٫۵۸	۰٫۷۹	۰٫۷۵	۰٫۷۳
CaO	۷٫۹۳	۱۱٫۷۹	۹٫۹۲	۱۱٫۲۹	۱۱٫۷۸	۱۰٫۴۱	۱۰٫۵	۱۰٫۵۸	۱۱٫۰۳
MgO	۴٫۷۱	۴٫۷۹	۴٫۶۸	۴٫۳۳	۴٫۶۳	۴٫۷	۴٫۵۱	۴٫۱۴	۴٫۵۶
K_2O	۲٫۸۴	۲٫۲۱	۲٫۱۵	۱٫۶۲	۲٫۰۳	۲٫۲۶	۲٫۴	۲٫۱۹	۲٫۲۱
Na_2O	۰٫۷۴	۱٫۱۸	۱٫۳۲	۳٫۴۲	۱٫۴۶	۱٫۳۱	۱٫۰۵	۱٫۳	۱٫۴۷
SO_3	۰٫۵۸	۱	۱٫۰۵	۱٫۰۵	۰٫۹۱	۱٫۰۴	۰٫۶۷	۲٫۲۷	۱٫۰۷
P_2O_5	۰٫۲۵	۰٫۲	۰٫۲۸	۰٫۱۵	۰٫۲۲	۰٫۲۱	۰٫۲۹	۰٫۲	۰٫۲۲
SrO	۰٫۰۶	۰٫۰۷	۰٫۰۷	۰٫۰۹	۰٫۱	۰٫۰۸	-	۰٫۱۶	۰٫۰۹
Cl	-	۰٫۵۱	۱٫۱۵	۲٫۵۶	۰٫۹	۰٫۵۱	۰٫۱۹	۰٫۸	۰٫۹۹
MnO	-	۰٫۱۶	-	-	-	-	-	-	۰٫۱۶
L.O.I	۱۶٫۳۷	۱۸٫۶۷	۲۰٫۳۹	۲۰٫۸۶	۱۹٫۱۸	۱۸٫۶۱	۱۷٫۵۲	۱۹٫۱۵	۱۸٫۸۴

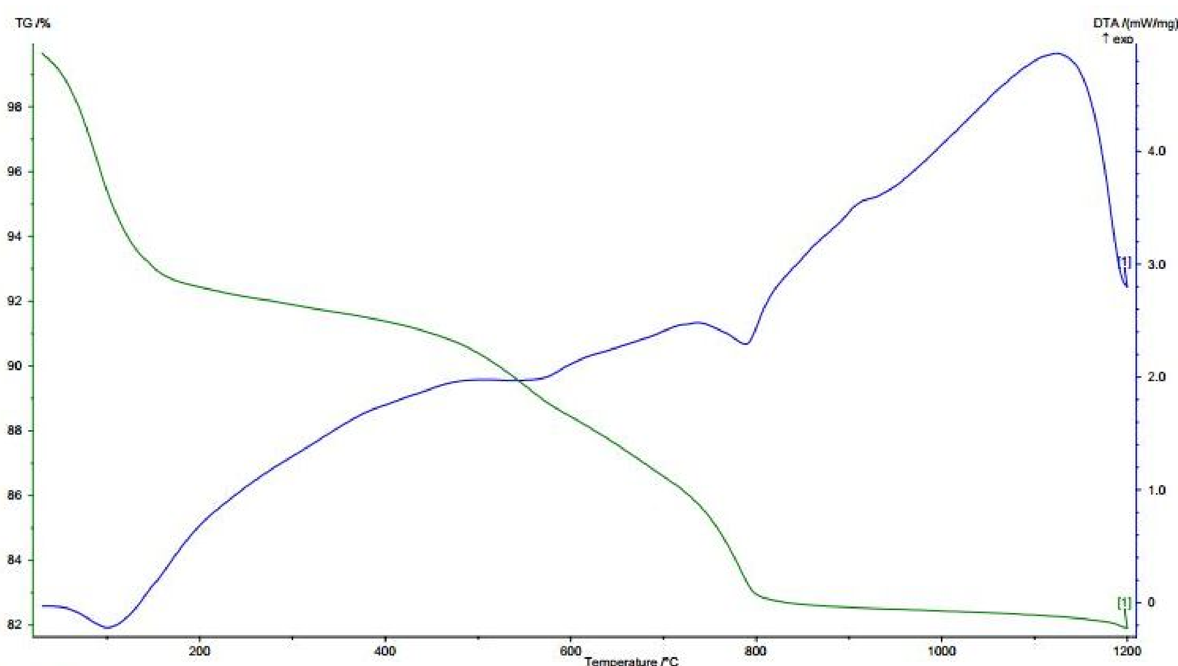
تعداد ۵ نمونه برای آنالیز ICP-MS به شرکت زرآزما ماهان فرستاده شدند (جدول۲). برای بررسی ویژگی‌های گرمایی کانی‌های رسی منطقه‌ی مورد بررسی، تعداد ۵ نمونه مورد تجزیه‌ی گرمایی جدایشی (Differential Thermal

[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.1.13.5]

DTA (Analysis و تجزیه‌ی گرما- گرانی سنجی (Thermo Gravimetry Analysis) TGA قرار گرفتند که نتیجه تجزیه‌ی گرما- گرانی سنجی (TGA)، منحنی تغییر وزن بر حسب دما و منحنی‌های تجزیه گرمایی جدایشی (DTA) با افزایش دما تغییرات گرمایی در نمونه دیده شد که با قله‌های گرماگیر و گرمازای نمونه ظاهر می‌شوند (شکل ۲). برای اولین بار در قرن ۱۸میلادی، کاربرد منحنی‌های گرمایی برای شناسایی رس‌ها توسط [۵] توضیح داده شد. روش‌های تجزیه‌ی گرمایی برای اندازه‌گیری توانایی گرمایی کانی‌های رسی مفید است [۶، ۷] نمونه‌های مناطق مورد بررسی با تجزیه‌ی گرمایی جدایشی (DTA) و تجزیه‌ی گرما- گرانی‌سنجی (TGA) به-طور همزمان، از دمای محیط تا ۱۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در هوای معمولی و با نرخ گرمایی 20° C/min به وسیله‌ی دستگاه گرماسنجهای مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران مدل SAT 409 PC/PG ساخت شرکت NETZCH آلمان، بررسی شدند. نمونه‌های به کار رفته در این آزمایش به‌صورت پودر در کوره‌ی با جنس اکسید آلومینیوم و با وزن میانگین ۶۰-۵۰ میلی گرم مورد ارزیابی قرار گرفتند.

زمین‌شناسی منطقه

سواحل رسی منطقه‌ی مورد بررسی، بنابر طبق بررسی‌های صحرایی انجام شده، از شمال به واحدهای تبخیری مانند ژیپس، کلسیت و هالیت، از جنوب به واحدهای سنگی دگرگون شده آندالوزیت، کردیریت، هورنفلس و سمت غرب و جنوب غربی به باتولیت گرانیتوئیدی چاه خشک محدود می‌شوند. سنگ مادر کانی‌های رسی منطقه‌ی مورد بررسی بیشتر باتولیت گرانیتوئیدی چاه خشک که شامل سنگ‌های کوارتز دیوریت، کوارتزمونزودیوریت، مونزوگرانیت، گرانو دیوریت و تونالیت [۸] و توده‌ی گرانیتی قدیمی‌تر که در زیر سواحل رسی قرار دارند، است. از نظر زمین‌ساختی تشکیل گرانیت چاه خشک وابسته به شیب نسبتاً زیاد فرورانش پوسته‌ی اقیانوسی به زیر صفحه‌ی ایران مرکزی است، به طوری که ذوب پوسته‌ی اقیانوسی فرورو و تشکیل ماگمای بازالتی، منجر به ذوب آناتکسی رسوب‌های پلیتی یا متاپلیتی در لبه فعال قاره‌ای شد، و نهایت منجر به تشکیل این توده گرانیتوئیدی شده اند [۸]. ترک‌های گلی پدیده‌ای چشمگیر در سطح پلایای رسی منطقه مورد بررسی است.



شکل۲ منحنی‌های همزمان DTA-TGA نمونه‌ی رسی منطقه‌ی مورد بررسی.

جدول ۲ نتایج آنالیز ICP-MS نمونه های منطقه‌ی مورد بررسی (کلیه عناصر برحسب ppm هستند) .

Sample(ppm)	gk-3	gk-9	gk-14	gk-17	gk-19
Ag	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۲
Al	۷۰۶۴۷	۶۷۳۰۹	۷۳۴۲۶	۶۲۷۹۴	۵۴۵۰۴
As	۱۵	۱۴/۴	۱۵/۹	۹/۷	۱۷/۴
Ba	۳۴۳	۳۳۱	۳۲۷	۳۱۲	۳۲۵
Be	۱/۹	۱/۷	۲	۱/۷	۱/۶
Ca	۷۹۸۳۳	۸۰۹۹۰	۶۲۵۲۴	۸۳۷۶۸	۸۸۸۹۱
Ce	۴۲	۴۰	۴۵	۳۲	۳۳
Co	۱۸	۱۶/۷	۱۹/۱	۱۲/۲	۱۲/۳
Cs	۷/۱	۶/۵	۷/۶	۴/۷	۵
Dy	۳/۲۷	۳/۳۷	۳/۶۵	۲/۸۳	۲/۷۶
Er	۲/۷۱	۲/۹۹	۳/۱۶	۲/۳۴	۲/۴
Eu	۰/۹۷	۰/۹۶	۱/۰۶	۰/۹۱	۰/۸۳
Fe	۴۰۱۶۰	۳۸۱۱۹	۴۲۳۵۰	۲۸۱۵۱	۲۷۱۳۰
Sr	۴۹۱/۵	۶۳۶/۵	۴۴۲	۳۶۸/۵	۱۰۱۶
S	۸۰۴۹	۳۴۲۱	۴۳۰۰	۳۷۷	۷۸۶۶
Ti	۵۲۳۲	۵۵۳۴	۵۵۵۸	۳۸۱۰	۳۷۷۸
Tl	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۵	۰/۳۷	۰/۳۴
Tm	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲	۰/۱۹
U	۲	۲/۱	۲	۱/۵	۲/۵
V	۹۸	۹۷	۱۰۳	۷۵	۸۱
W	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱	۱/۲
Y	۱۴/۶	۱۵/۶	۱۷	۱۳/۱	۱۳/۳
Yb	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۱	۱/۱
Gd	۳/۶۷	۳/۵۴	۳/۷۷	۳/۲۱	۳/۱۴
Hf	۱/۵	۱/۵۵	۱/۷۵	۱/۲۶	۱/۳۲
K	۲۱۷۸۰	۲۰۴۶۸	۲۲۸۳۸	۱۹۴۶۹	۱۶۸۹۳
La	۲۰	۱۹	۲۱	۱۷	۱۷
Li	۸۰	۷۵	۸۵	۴۷	۵۸
Mg	۱۶۷۳۴	۱۵۷۳۸	۱۷۲۶۴	۱۲۲۲۳	۱۳۰۲۴
Mn	۸۹۵	۸۷۸	۹۷۴	۶۵۲	۶۳۶
Mo	۱/۲	۱/۲۹	۱/۲۹	۰/۹۸	۱/۱۴
Na	۹۴۵۸	۱۲۳۷۰	۷۹۳۸	۱۱۹۳۱	۱۱۴۲۵
Nb	۱۱/۹	۱۱/۲	۱۲/۳	۷/۵	۸/۵
Ni	۷۶	۶۹	۷۹	۵۲	۵۰
Pb	۲۲	۲۳	۲۳	۲۰	۱۸
Rb	۸۶	۷۹	۹۵	۷۰	۶۳

بحث و بررسی

کانی‌شناسی رس‌های منطقه‌ی مورد بررسی و ریخت‌شناسی آن‌ها

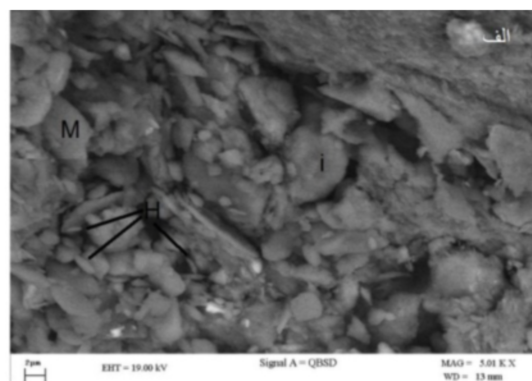
به علت ریز بودن و نهان بلور بودن کانی‌های رسی، بررسی آن‌ها با میکروسکوپ‌های نوری مشکل است، از این رو برای شناسایی دقیق و بررسی ریخت‌شناسی آن‌ها از میکروسکوپ‌های الکترونی و پراش پرتو X، استفاده شد. بررسی‌های کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی در مورد رس‌ها در سال ۱۹۷۰- ۱۹۶۰، زمانی که میکروسکوپ‌های الکترونی به تدریج به بازار آمدند، شروع شد [۹-۱۲]. بنابر بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی و

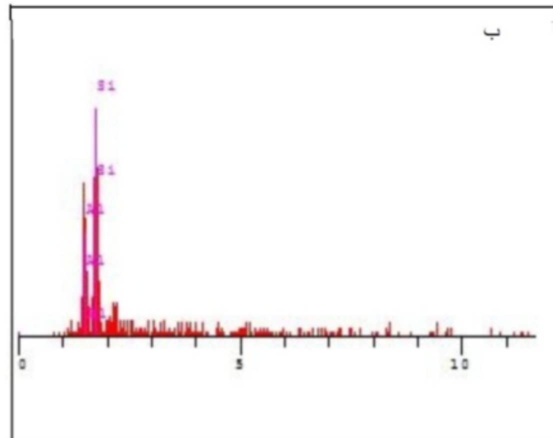
[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.1.13.5]

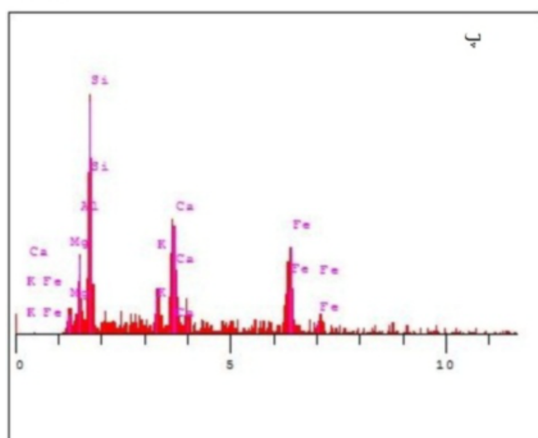
آنالیزهای XRD انجام شده روی نمونه‌های برداشت شده، کانی‌های اصلی در منطقه‌ی مورد بررسی عبارتند از هالوزیت، کائولینیت، کوارتز، ایلیت، مونتموریونیت و کانی‌های فرعی کلینوکلر، کلسیت، روتیل، ژیپس، آندالوزیت و کردیریت (جدول۳). در یکی از نمونه‌ها کانی پیروپ نیز گزارش شده است که به وجود سنگ‌های دگرگون در پیرامون سواحل رسی دلالت دارد. در شکل (۳) و (۴) تصاویر میکروسکوپ الکترونی آورده شده اند. شکل (۳) نمونه‌ی شماره Gk-7 با بزرگ نمایی ۵۰۰۰ را نشان می‌دهد. در این نمونه، کانی ایلیت در اندازه‌ی ۳ میکرومتر و به‌صورت بی‌شکل و مونتموریونیت در اندازه‌ی ۳-۲ میکرومتر و بی‌شکل دیده می‌شوند. کانی هالوزیت نیز در اندازه‌ای کمتر از یک میکرومتر در سطح نمونه به‌صورت کشیده پراکنده است. در شکل(۴) نمونه‌ی شماره Gk-21 با بزرگ نمایی ۱۰۰۰۰ کانی ایلیت به‌صورت نیمه شکلدار و صفحات تقریباً کشیده و در اندازه‌ی ۳ میکرومتر دیده می‌شود. کانی کوارتز نیز به‌صورت بی‌شکل در اندازه ۲-۱ میکرومتر دیده می‌شود.

تجزیه‌ی گرمایی کانی‌های منطقه‌ی مورد بررسی

مقدار کاهش وزنی آب در جدول (۴) از روی نمودارهای TGA وابسته به کانی‌های منطقه‌ی مورد بررسی، که اساس آن بر اندازه‌گیری وزن نمونه هنگام گرمایش استوار است؛ به‌دست می‌آید. شناخته شده‌ترین روش تجزیه‌ی گرمایی، تجزیه‌ی جدایشی تفریقی (DTA) است. روش تجزیه‌ی گرمایی جدایشی، یک روش ایده ال برای بررسی تغییرات ترموشیمیایی (گرمایی) در برابر همخوان با یافته‌های XRD است [۱۳]. دستگاه تجزیه گرمایی جدایشی برای کلیه کانی‌ها و مواد معدنی کاربرد دارد [۱۴، ۱۵]. نتایج تجزیه‌ی گرمایی در جدول (۴) آمده اند. نمونه‌ی شماره‌ی ۱ در دمای ۷۷۱٫۷ درجه‌ی سانتی‌گراد قله‌ی گرماگیری نشان می‌دهد که به از دست دادن عامل هیدروکسیلی است [۱۶] و در دمای بالاتر (۱۱۴۱٫۳ درجه‌ی سانتی‌گراد) قله‌ی گرماگیر وابسته به تشکیل فازهای جدید، نظیر اسپینل است [۱۶].







شکل۳ الف- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM نمونه‌ی Gk-7 منطقه‌ی مورد بررسی ب و پ- آنالیز EDS وابسته به مونتموریونیت و هالوزیت نمونه‌ی Gk-7 منطقه‌ی مورد بررسی (ایلیت=i مونتموریونیت= M هالوزیت=H).

[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.1.13.5]

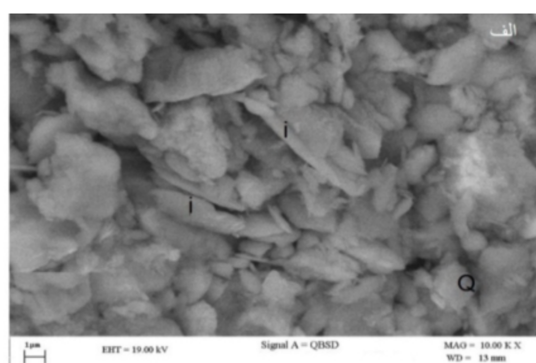
جدول ۳ نتایج آنالیز XRD.

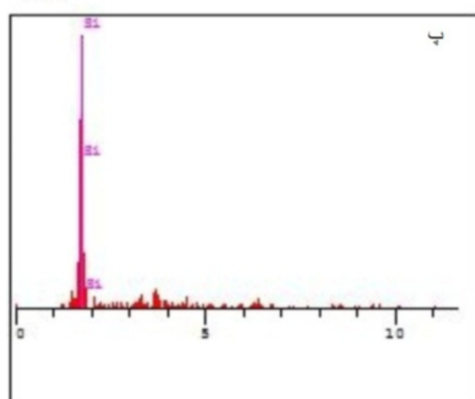
نمونه	کانی های موجود
۱	هالوزیت، کوارتز، ایلیت، لیزاردیت
۲	هالوزیت، کوارتز، ایلیت، کلینوکلر
۳	هالوزیت،کوارتز، ایلیت، مونتموریونیت
۴	کوارتز، ایلیت، پیروپ، پالی گروسکیت
۵	هالوزیت، کوارتز، ایلیت، ژیپس
۶	کلسیت،کوارتز، کائولینیت، کلینوکلر
۷	کائولن، ایلیت،ژیپس،کوارتز، روتیل
۸	کوارتز، کلینوکلر،ژیپس، کردیریت
۹	کوارتز،هالوزیت،مونتموریونیت،کردیریت
۱۰	ایلیت،کوارتز،کلسیت،آندالوزیت

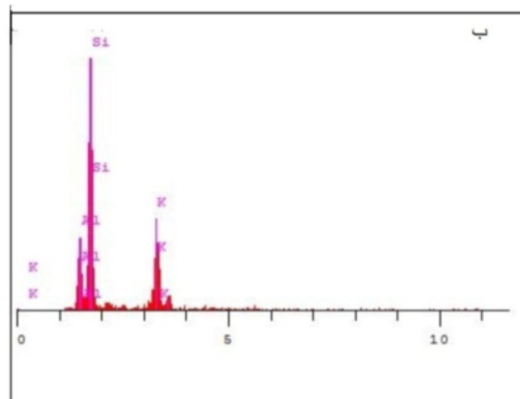
نمونه‌های شماره ۵،۴،۳،۲ نیز همانند نمونه‌ی شماره ۱ دو قله اصلی (با اندکی تفاوت دمایی) را نشان می‌دهند. مقدار کاهش وزنی آب در نمونه‌های منطقه‌ی مورد بررسی به‌علت دارا بودن هالوزیت در ترکیب اصلی سواحل کم عمق زیاد است و طیفی از ۱۲/۵-۱۰ درصد وزنی را نشان می‌دهد و این مقدار کاهش وزن در نمونه‌های نوعی کائولینیت نزدیک به ۱۴ درصد وزنی است [۱۷]. دانستن دمای واکنش‌های گرماگیر و گرمازای کانی‌های رسی کاربرد آن‌ها را در صنایع مختلف نشان می‌دهد.

خاستگاه کانی‌های منطقه‌ی مورد بررسی

در جدول (۵) ضریب همبستگی عناصر اصلی نمونه‌های منطقه‌ی مورد بررسی آورده شده‌اند. ضریب همبستگی بالای مثبت بین آهن با سیلیس و آلومینیوم می‌تواند به‌علت مقدار زیاد بیوتیت و تجزیه‌ی آن در تشکیل رس‌ها باشد. ضریب همبستگی بالای مثبت بین سیلیس و آلومینیوم می‌تواند به علت تشکیل کائولن‌ها و وجود آندالوزیت (که در آنالیز XRD نیز وجود داشت) در سواحل رسی باشد. ضریب همبستگی تقریباً بالای مثبتی که بین منیزیم با سیلیس و آلومینیوم است می‌تواند موید وجود کردیریت در بررسی‌های XRD نیز بود باشد. بنابر جدول (۵) پتاسیم با دو عنصر سیلیس و آلومینیوم به‌علت تشکیل کانی ایلیت ضریب همبستگی بالای مثبتی دارد.







شکل۴ الف- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM نمونه Gk-21 منطقه‌ی مورد بررسی ب و پ- بررسی EDS کوارتز و ایلیت نمونه‌ی Gk-21 منطقه‌ی مورد بررسی (ایلیت= i کوارتز= Q).

[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.1.13.5]

جدول ۴ مشخصات تجزیه‌ی گرمایی نمونه‌های منطقه‌ی مورد بررسی.

شماره نمونه	دمای پیک های گرماگیر (°c)	دمای پیک های گرمازا (°c)	مقدار کاهش وزن (wt%)
۱	۷۷۱٫۷	۱۱۴۳٫۳	۱۲٫۵
۲	۷۷۶٫۳	۱۱۲۴	۱۲
۳	۷۸۲٫۳	۱۱۱۶٫۲	۱۱
۴	۸۱۰	۱۱۲۵	۱۰
۵	۷۷۸٫۶	۱۱۱۹٫۲	۱۱

جدول۵ ضریب همبستگی بین عناصر اصلی نمونه‌های منطقه‌ی مورد بررسی

	S	P	Sr	Mn	L.o.I	Cl	Na	K	Mg	Ca	Ti	Fe	Al	Si
Si	-۰٫۶	۰٫۶	-۰٫۶	-۰٫۰۱	-۰٫۹	-۰٫۸	-٫۷۵	۰٫۹۱	۰٫۶	-٫۶۵	٫۲۱	٫۸۲	٫۹۸	۱
Al	-۰٫۶	۰٫۶	-۰٫۶	٫۰۰۸	-۰٫۸	-۰٫۷	-۰٫۷	۰٫۸	۰٫۷	-۰٫۶	٫۱	٫۸۵	۱	
Fe	-۰٫۹	۰٫۵	-۰٫۸	-۰٫۰۴	-۰٫۶	-۰٫۲	-۰٫۳	۰٫۵	۰٫۶	-۰٫۵	٫۳۶	۱		
Ti	-۰٫۱	۰٫۲	-۰٫۲	-۰٫۱	-۰٫۲	۰٫۳	۰٫۰۴	۰٫۳	-۰٫۱	-۰٫۶	۱			
Ca	۰٫۲	-۰٫۴	۰٫۲	۰٫۳	۰٫۵	۰٫۱	۰٫۴	-۰٫۷	-۰٫۱	۱				
Mg	-۰٫۷	۰٫۳	-۰٫۵	۰٫۳	-۰٫۳	-۰٫۳	-۰٫۴	۰٫۴	۱					
K	-۰٫۲	۰٫۶	-۰٫۳	-۰٫۴	-۰٫۹	-۰٫۹	-۰٫۸	۱						
Na	۰٫۱	-۰٫۷	۰٫۲	-۰٫۱	۰٫۷	۰٫۹	۱							
Cl	۰٫۰۵	-۰٫۶	۰٫۳	-۰٫۱	۰٫۸	۱								
L.o.I	۰٫۳	-۰٫۴	۰٫۴	۰٫۰۳	۱									
Mn	-٫۰۴	-۰٫۱	۰۰	۱										
Sr	۰٫۸	-۰٫۶	۱											
P	۰٫۳۸	۱												
S	۱													

کانی‌های رسی منطقه‌ی مورد بررسی، حاصل هوازدگی فیزیکی و شیمیایی ارتفاعات سنگی و واحدهای زمین‌شناسی اطراف آن است. هوازدگی همان دگرسانی و شکست سنگ‌ها نزدیک به سطح زمین است که در اثر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی شکل گرفته است [۱۹،۱۸] که منجر به تغییـرات در سنـگ‌ها می‌شود. برای دستیابی به خاستگاه کانی‌های پلایای رسی باید به واحدهای زمین‌شناسی اطراف پلایای رسی دقت داشت. در شرق و شمال شرقی سواحل، پلایا واحد رسوب‌های بادی، مارن و گچ نازک لایه، در غرب و بخشی از جنوب ارتفاعات باتولیت گرانیتوئیدی (چاه خشک، چاه بازرگان، چاه دزدان)، واحدهای دگرگونی (اسلیت لکه دار با کردیریت و آندالوزیت) است که در نمونه‌های آنالیز XRD نیز شده خود را نشان دادند. در زمان بارندگی فلدسپارهای موجود در توده‌ی گرانیتی اطراف سواحل کم عمق (که خاستگاه بیشتر تشکیل کائولینیت اند) به راحتی شسته شده و به‌علت شیب دار بودن منطقه به سمت سواحل، فلدسپارها همراه با آب‌های سطحی به رنگ سفید (شیر مانند) درآمده و طی حمل ذرات فلدسپاری در مسافت‌های چندین کیلومتر (۳-۱کیلومتر) و به مرور زمان و تکرار این چرخه، انواع رس‌ها در سواحل رسی منطقه تشکیل می‌شوند. رسوب‌های تشکیل شده در ارتفاعات، پس از تشکیل مخروط افکنه به سمت پایین دست حرکت کرده و تشکیل انواع کانی‌های رسی را در سواحل رسی می‌دهد. البته به غیر از هوازدگی گرانیت‌های اطراف سواحل، هوازدگی توده‌ی گرانیتی قدیمی‌تر که زیر سواحل رسی قرار دارد نیز در تشکیل کانی‌-های رسی موثر بوده است. به‌طور کلی در تشکیل کانی‌های رسی منطقه‌ی مورد بررسی عوامل برجازا و نابرجا با هم نقش

[DOR: 20.1001.1.17263689.1395.24.1.13.5]

داشتند. برای بررسی دقیق‌تر بر خاستگاه، عناصر آنالیز فاکتوری انجام شد.

آنالیز فاکتوری یک روش چند متغیری آماری است و برای تحلیل تغییرات بین داده‌ها از آن استفاده می‌شود. برای تعیین خاستگاه عناصر مختلف در سواحل رسی منطقه، آنالیز فاکتوری به‌روش مولفه‌ی اصلی (Principal Component) و روش چرخشی (Varimax) روی پنج نمونه صورت پذیرفت (جدول ۶).

جدول۶ آنالیز فاکتوری و تعداد آنالیزهای موثر در توزیع عناصر موجود در سواحل منطقه‌ی مورد بررسی.

	Component			
	۱	۲	۳	۴
Ag	۰/۹	۰/۰۷	-۰/۲۶	-۰/۳۳
Al	۰/۸۳	-۰/۴۲	۰/۲۳	۰/۲۶
As	۰/۲۸	۰/۹۱	۰/۲۴	۰/۱۳
Ba	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۰۹	۰/۸۲
Be	۰/۷۱	-۰/۲۷	۰/۶۲	۰/۱۹
Ca	-۰/۸۳	۰/۱۸	-۰/۴۷	۰/۲۲
Ce	۰/۹۱	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۲۸
Co	۰/۹۰	۰/۰۲	۰/۲۴	۰/۳۴
Cs	۰/۸۹	۰/۰۴	۰/۲۸	۰/۳۳
Dy	۰/۹۸	-۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۹
Er	۰/۹۹	۰/۰۷	۰/۰۰۷	-۰/۰۱
Eu	۰/۸۹	-۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۰۲
Fe	۰/۹۱	-۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۳۴
Sr	-۰/۳۵	۰/۹۱	-۰/۱۹	-۰/۰۵
Ti	۰/۹۵	-۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۲۹
Tl	۰/۹۲	-۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۲۸
Tm	۰/۹۹	-۰/۱۰	-۰/۰۲	۰/۰۷
U	۰/۰۳	۰/۹۹	-۰/۰۲	۰/۰۹
V	۰/۹۲	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۳۲
W	-۰/۰۱	۰/۹۹	۰/۰۸	۰/۰۹
Y	۰/۹۸	۰/۰۵	۰/۱۲	-۰/۰۸
Yb	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۴
Gd	۰/۸۹	-۰/۱۲	۰/۲۶	۰/۳۲
Hf	۰/۹۶	۰/۱۰	۰/۲۲	۰/۰۰۷
K	۰/۸۱	-۰/۴۳	۰/۳۰	۰/۲۲
La	۰/۸۹	-۰/۰۴	۰/۳۶	۰/۲۷
Li	۰/۸۸	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۳۶
Mg	۰/۸۸	۰/۰۸	۰/۲۴	۰/۳۸
Mn	۰/۹۴	-۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۲۷
Mo	۰/۸۷	۰/۴۵	-۰/۰۶	۰/۱۶
Na	-۰/۵۳	-۰/۰۲	-۰/۸۳	-۰/۰۸
Nb	۰/۸۸	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۴۰
Ni	۰/۸۸	-۰/۰۹	۰/۲۵	۰/۳۷
Pb	۰/۹۱	-۰/۳۲	-۰/۱۰	۰/۲۱
Rb	۰/۸۷	-۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۱۹
S	-۰/۰۳	۰/۷۴	۰/۳۴	۰/۵۷

بر اساس تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی (جدول۶) عناصر Ag, Al,Be, Ce, Co,Cs, Dy, Er, Eu, Fe, Ti, Tl, Tm, V, Y, Yb, Gd, Hf, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, Pb, Rb در فاکتور یک قرار گرفته و نشان دهنده‌ی خاستگاه آواری این عناصر است و از هوازدگی توده‌ی گرانیتی چاه خشک و سنگ‌های دگرگون در جنوب منطقه حاصل شد است. عنصر Ca (با مقدار منفی) در فاکتور یک نشان دهنده‌ی خاستگاه آواری متفاوتی با دیگر عناصر است و می‌تواند در ارتباط با تخریب تبخیری‌های شمال سواحل (کلسیت، دولومیت، ژیپس) باشد و خاستگاه آواری رسوبی دارد. عنصر Na در فاکتور اول (با مقدار منفی) نشان دهنده‌ی خاستگاه آواری متفاوتی با دیگر عناصر در این فاکتور است در فاکتور سوم قوی‌تر است و خاستگاه احتمالی آن از دریاچه‌ی نمک و واحدهای تبخیری هالیت دار در بالا دست سواحل است. عناصر Sr, U, W در فاکتور دوم قرار دارند و خاستگاه آن می‌تواند از تخریب سنگ‌های اسیدی منطقه (گرانیت‌ها) باشد. همچنین عنصر S نیز می‌تواند از گچهای شمال سواحل ریشه گرفته باشد. عنصر Ba در فاکتور چهارم قرار می‌گیرد و خاستگاه احتمالی آن فلدسپار پتاسیم و بیوتیت‌های گرانیت‌های چاه خشک است.

خاک‌های رسی جزء خاک‌های صنعتی به شمار رفته و استخراج آن‌ها به‌دلیل اهمیت روز افزون و کاربردهای فراوان در صنایع، روز به روز در حال افزایش است. ذخیره‌ی احتمالی خاک‌های رسی منطقه‌ی مورد بررسی در حدود ۱۵۳۰۰۰۰تن است [۲۰] که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و این خاک ها پس از آزمایش‌های مختلف مکانیکی و شیمیایی می-تواند در صنایع مختلف سرامیک سازی، پتروشیمی، مصالح ساختمانی، صنایع نسوز، مواد آرایشی، داروسازی، تهیه نوارهای مغناطیسی، صنایع کشاورزی و تهیه‌ی کودها مفید واقع شود.

برداشت

بنا بر بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی و بررسی‌های پراش پرتو X، کانی‌های موجود در سواحل رسی شهربابک شامل هالوزیت، کائولینیت، ایلیت، کلسیت،کوارتز، مونتموریونیت، آندالوزیت، کردیریت و ژیپس است. بررسی‌های شیمیایی اکسیدهای اصلی نشان می‌دهد که در سواحل رسی منطقه‌ی مورد بررسی، اکسید سیلیسیم تغییراتی از ۳۶٫۰۹-۴۳٫۵۸ درصدوزنی، اکسید آلومینیوم ۱۵٫۷۵-۱۲٫۴۹ درصد وزنی و مقدار L.O.I، ۲۰٫۸۶-۱۶٫۳۷ درصد وزنی تغییرات نشان می-دهد. بیشتر واکنش‌های گرمایی نمونه‌های مورد بررسی نظیر از دست دادن گروه هیدروکسیلی در دمای تقریبی ۸۱۰-۷۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و دمای تقریبی واکنش‌های گرمازا ۱۱۴۰-۱۱۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد رخ می‌دهد. کانی‌های موجود در سواحل رسی منطقه‌ی مورد بررسی حاصل فرسایش و هوازدگی فیزیکی و شیمیایی شدید ارتفاعات سنگی و واحدهای زمین-شناسی اطراف آن، به‌خصوص توده عظیم گرانیتوئیدی چاه خشک شهربابک است. کانی‌های سواحل رسی هم در اثر هوازدگی انتقال یافته‌اند و دارای خاستگاه نابرجا هستند و هم به‌صورت برجا تشکیل شده‌اند.

قدردانی

از شرکت تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران جهت انجام آنالیزهای XRD ، XRF و تجزیه گرمایی کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

مراجع

[1] Mason B., Moore K.B., *"Principles of Geology"*, (2003) 566.

[2] Hoseini Z., Mosazade S., Momen Por L., *"Introducing Tourism Attractions and Their Role in Development of the Shahr-EBabak City"*, Advances in Environmental Biology 8 (2014) 1636-1642.

[۳] سبزه ای م.، *"نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کرسفید"*، سازمان زمین شناسی کشور، (۱۳۷۰).

[۴] آقانباتی ع.، *"زمین شناسی ایران"*، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۳) ۵۸۶ص.

[5] Wendlandt W.W., Gallagher P.K., Chapter-1 in *"Thermal Characterization of Poly-meric Materials"*, New York: Academic Press (1981) 3-25.

[6] Xi Y., Martens M., He H., Frost R.L., *"Thermogravimetric analysis of organoclays intercalated with the surfactant octa decyltrime*

thylammonium bromide", Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 81 (2005) 91-97.

[7] Frost A., Unger V. M., De Camilli P., *"The BAR domain superfamily: membrane-molding macromolecules",* Cell, 137 (2009) 191-196.

[۸] جمشیدی ف.، *"بررسی پتروگرافی، ژئوشیمی و پتروژنز باتولیت گرانیتوئیدی شهربابک"*، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان (۱۳۸۲) ۲۱۴ص.

[9] Bohor B.E., Randall E.H., *"Scanning electron microscopy of clays and clay minerals",* Clays Clay Miner 19 (1971) 49-54.

[10] Patterson S.H., Buie B.E., *"Field conference on kaolin and fullers earth",* Ga Geol Surv Guidebook 14 (1974) 53.

[11] Tschudy R.H., Patterson S.H., *"Palynological evidence for Late Cretaceous, Paleocene, and Early and Middle Eocene for strata in the kaolin belt, Central Georgia",* Journal of Research of the US Geological Survey 3 (1975) 437-445.

[12] Rogers L.E., *"The petrology-mineralogy of six Georgia kaolins"*, [Ph.D. dissertation] Athens, GA: University Georgia (1979) 234.

[13] Chakraborty S., Künzli S., Thiele L., *"A General Framework for Analysing System Properties in Platform-Based Embedded System Designs",* In DATE 3 (2003) 1019.

[14] Liu J.S., Chen R., *"Sequential Monte Carlo methods for dynamic systems",* Journal of the American statistical association, 93 (1998) 1032-1044.

[15] Gabbott P., (Ed.) *"Principles and applications of thermal analysis",* John Wiley & Sons (2008) 50.

[16] Vaculíková L., Plevová E., *"Identification of clay minerals and micas in sedimentary rocks",* Acta geodyn. Geometer 2 (2005) 167-175.

[17] Omer I.E., Bala E., Paul A.S., Douglas C., Fahri E., 2013, *"Origin of the Düvertepe kaolin–alunite deposits in Simav Graben, Turkey: Timing and styles of hydrothermal mineralization",* Volcanology and Geothermal Research 255 (2013) 57–78.

[18] Selby M.J., *"Hillslope Materials and Processes",* 2nd EditionOxford University Press, Oxford (1993) 451.

[19] Ceryan C., *"New Chemical Weathering Indices for Estimating the Mechanical Properties of Rocks: A Case Study from the Kürtün Granodiorite, NE Turkey",* Turkish Journal of Earth Sciences 17 (2008) 187–207.

[۲۰] ریاحی ف.، *"بررسی ژئوشیمی، پتروژنز و ارزیابی اقتصادی کائولن در منطقه شهربابک"*، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان (۱۳۹۳) ۱۸۰ص.